



MATERIALES COMPUESTOS REFORZADOS CON FIBRA DE NATURAL

Fibra de fique

¿Es posible obtener un material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de fique para la elaboración de elementos estructurales utilizados en la industria automotriz?

JAIDER C. AVILA y PAOLO N. PINEDA

MATERIALES COMPUESTOS REFORZADOS CON FIBRA NATURAL

Jaider Andrés Cruz Ávila, Paolo Andrés Nieto Pineda

- Este artículo habla de las características que se obtuvieron en la fibra por ensayos de tracción.
- La fibra de fique era adquirida en la plaza de mercado paloquemado en la ciudad de Bogotá. Normalmente se encuentra en zonas cálidas y en algunos casos cerca de vías principales, más que todo en zonas altas como montañas, piedras grandes, cerca de ríos, etc.
- El proceso de acondicionamiento se realiza en el laboratorio de química sede P universidad ECCI.
- El proceso de conformado y ensayo de tracción se realiza en el laboratorio de materiales sede J universidad ECCI.

MATERIALES COMPUESTOS REFORZADOS CON FIBRA NATURAL

COMPOSITE MATERIALS WITH NATURAL FIBER REINFORCED

JAIDER A. CRUZ Y PAOLO A. NIETO

jacaloquito3@gmail.com / polobike86@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se presentan resultados de una investigación que busca alternativas para la utilización de la fibra del fique. Se han probado las propiedades en pruebas de tracción iniciando varios procesos precisos; se realiza una investigación teórica a gran escala y se recolecta la planta en su estado natural, luego se extrae el componente orgánico de la hoja de manera artesanal con un buen aseo, después se lleva el producto organizado al laboratorio de química para un acondicionamiento en limpieza de soda caustica con agua destilada de tres mediciones diferentes de 2% NaOH/98% agua, 6% NaOH /94% agua y 9% NaOH /91% agua, secando en el horno a 110°celsius por dos horas, más adelante en el laboratorio de materiales se hace el proceso de conformado teniendo en cuenta el volumen total 43 cm³ la cual se sacaron 9 probetas que se realizaron con resina poliéster y mec de diferentes medidas y por último en la maquina universal de ensayos Tinius Onsel se ejerce el ensayo de tracción donde determinamos los resultados de cada una de las probetas.

Palabras claves: fibras de fique, conformado, material compuesto, tracción

ABSTRACT

In this article results of research that seeks alternatives to the use of sisal fiber are presented. Properties have been tested in tensile tests initiating several specific processes; a theoretical scale investigation is done and the plant is harvested in its natural state, then the organic component of the sheet handmade with good grooming is extracted, then it organized the chemistry lab for conditioning in cleaning product is carried caustic soda with distilled water three different measurements of 2% NaOH / 98% water, 6% NaOH / 94% water and 9% NaOH / 91% water, drying in oven at 110 ° Celsius for two hours later in laboratory materials forming process taking into account the total volume 43 cm³ which nine test pieces were made with resin and mec different measures and finally in the universal testing machine Tinius Onsel were removed done is exerted test traction determine where the results of each of the specimens.

Keywords: sisal fibers, conformed, composite, strength

INTRODUCCION

Globalmente nace un gran interés en la utilización de fibras naturales debido a ventajas como su baja densidad, su reducido costo, su capacidad resistente y ductilidad, y en especial por su influencia positiva hacia un medio ambiente. En el caso de polietileno o polipropileno, y en general de los termoplásticos, se presentan dificultades de adherencia al polímero. De una manera provocativa se da gran enfoque a este tema, países más desarrollados en tecnología avanzan en su estudio fuertemente; en Alemania se están produciendo paneles para las puertas de los vehículos Mercedes Benz usando poliuretano fibro-reforzado con fibras de lino y sisal, Brasil se ha ampliado el uso a algunas partes interiores del vehículo como son los soportes para brazos, cabeza, entre otros, Ford también ha venido investigando al respecto con el fin de utilizar la fibra de lino y algodón en reemplazo de la fibra de vidrio en algunas de sus partes para sus vehículos. Por tanto, una línea del grupo de investigación "Materiales Compuestos" de la Universidad del Valle se ha orientado al estudio de diferentes procedimientos para definir un tratamiento previo de la fibra de fique, fibra natural autóctona de Colombia, y al análisis de pre factibilidad para su utilización en la producción de nuevos materiales compuestos laminados con esta planta, que puedan sustituir la madera en muchas de sus variadas aplicaciones. El presente documento muestra algunos de los resultados obtenidos para laminados fibro-reforzados en cuanto a sus características mecánicas y estudia el efecto del volumen de incorporación de las fibras y la adición de un relleno de la misma.

FIQUE: nombre con el cual se conocen en Colombia a las plantas que pertenecen al género FURCRAEA. Abarca alrededor de 20 especies y

algunas de ellas son utilizadas para extraer de sus hojas la fibra textil conocida, comúnmente, como FIQUE o CABUYA. Biológicamente es diferente del género agave con el que con frecuencia se confunde. El Fique es una planta rehabilitadora de suelos pobres y erosionados, su sistema radicular es rico en nitrógeno y sus raíces proporcionan materia orgánica, a medida que se acumulan y descomponen las muestras. Plantas grandes, de tallo erguido. Sus hojas son largas, angostas, carnosas, puntiagudas, acanaladas y de color verde. Florece una vez y su flor es de color blanco verdoso. La fibra clara, dura, larga y resistente posee atributos importantes para la producción de cordeles, empaques y textiles entre otros.

Planta adulta con tronco de 3 dm de espesor, hojas verdes de forma lineal-lanceolada de a 5 a 20 dm de largo y de 8 a 14 cm de ancho, con bordes lisos, dentados o aserrados. Crece de 800 a 3.000 mm, su vida varía entre 12 y 20 años con casos especiales de 60 a 70. La fibra es dura, fina, brillante y blanca, la producción normal es de 1 kg al año por planta con producciones excepcionales de 3 a 6 kg al año.²

Es una planta monocotiledónea, de hábitos xerófilos. Se asemeja al *Agave* en la forma suculenta y grande de las hojas en roseta. Aunque en vez de la fuerte y grande espina terminal de las hojas del agave, terminan en pequeñas puntas coriáceas o a veces pueden tener una pequeña y débil espina.

Otras diferencias taxonómicas: las flores de las *Furcraea* son numerosas, péndulas blanco – verdosas, en cambio las de *Agave* son amarillas y en racimo erectos. Y el endosperma que rodea el carpo de la flor.

Colombia produce cerca de treinta mil toneladas de fique al año, principalmente en los departamentos de Cauca, Nariño, Santander y Antioquía. En estos sitios los agricultores y campesinos se han asociado en agremiaciones de fiqueros e

hilanderas, entre otros. Dada la importancia que cobra el uso de esta fibra como producción natural en el país existe un centro de investigaciones del fique y se planea crear dos más, uno en Antioquía y otro en el suroccidente colombiano para así cubrir todas las zonas productoras.

CORTADO, DESFIBRADO Y

LAVADO. El corte debe ser recto y cerca del tallo, de abajo hacia arriba. La planta debe quedar con un mínimo entre 15 y 20 hojas para que continúe su proceso biológico. El desfibrado consiste en separar la corteza de las hojas de las fibras de cabuya que están en su interior. Se realiza con desfibradoras portátiles. Posteriormente se extrae el jugo de la fibra natural de fique y se lava con abundante agua para quitarle el color verdoso y adquiere un color amarillo que una vez seco se vuelve blanco. El lavado se realiza en tanques con el fin de evitar la contaminación de las aguas.

ESCARMENADO. También conocido con el nombre de “peinado”, consiste en despegar y desenredar las fibras, pasando los manojos de fique secos a través de un cepillo de clavos con el fin de limpiarlo y peinarlo. También se realiza con máquinas.

HILADO. Es el último paso en el proceso de preparación de la fibra. El fique escarmenado y tinturado se amarra longitudinalmente a un madero de donde se sacan haces de fibra que se van estirando y calibrando en el torno para formar así el hilo continuo.

Es un arte dentro del sistema artesanal pues hay que unir las fibras con las yemas de los dedos de modo continuo y uniforme para sacar un hilo.

IMPORTANCIA en fique ha sido considerada desde algunos años de gran importancia para las personas de las provincias las cuales sobreviven de este material natural que ha venido evolucionando y se han creado nuevos productos con la materia prima, y así ha originado la aparición de artículos en fibra de fique de gran aceptación en

mercados nacional e internacional pero a baja cantidad ya que el proceso de fabricación tiene grandes desperdicios con los cuales se trata la fibra de fique y llegar a contaminar las aguas ya que es una de las materias primas más utilizadas.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Selección del material de refuerzo

Se adopta el fique ya que es muy reconocido en artesanías colombianas por sus grandes características únicas para el uso requerido. El fique (*Furcraea bedinghausii*) pertenece a una extensa familia botánica del mismo nombre: “Agavaceae”. Se les conoce con el nombre común de agave, pita, maguey, cabuya, fique, mezcal. Su centro de origen está en México, aunque actualmente se distribuyen desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Venezuela y Colombia. La altura del fique varía entre dos y siete metros. Sus hojas son largas, angostas, carnosas, puntiagudas, acanaladas, dentado espinosas (en algunas variedades) y de color verde. El ancho de las hojas maduras varía entre diez y veinte centímetros y el largo entre uno y dos metros.

El fique natural del trópico es clasificado como planta de fibra dura, de células largas y múltiples que se extienden a lo largo de los tejidos carnosos de las hojas.

Es una de las fibras vegetales más representativas de la América Tropical, que ofrece infinidad de utilidades industriales y artesanales al mundo. La fibra de fique no sólo sirve para hacer empaques, se utiliza en la fabricación de productos étnicos y Artesanías colombianas. El **fique** una fibra biodegradable que al descomponerse se emplea como alimento y abono; además, no contamina el agua y permite hacer producción limpia. Sus ventajas son tanto ambientales como de economía, facilidad y calidad. Se encuentran dos tipos de exportaciones de productos de **fique**, las producidas por la industria como son

empaques, telas, cordeles, etc., y las de productos artesanales las cuales en su mayoría son comercializadas por “Artesanías de Colombia”. Los principales destinos de las exportaciones colombianas de fique y sus subproductos son Venezuela, México, Ecuador y Costa Rica.

Proceso

Tabla 1. Parámetros físicos de la fibra de fique.

Características	Descripción
Textura	Poco rígida
Color	Café-amarillento
Largo de la fibra	0.5 - 10 cm
Diámetro	0.3 - 4 mm
Densidad de la fibra:	
Fibra bruta	0.050 g·cm ⁻³
Fibra malla 10	0.094 g·cm ⁻³
Fibra malla 20	0.153 g·cm ⁻³
Absorción de agua	6 mL de agua·g ⁻¹ de bagazo

Desfibrar una hoja de fique es una labor sencilla. Primero se hace el carrizo. Para ello, tome un canuto de guadua, entierre una parte en posición vertical, rájelo hasta la mitad e introdúzcale un palo delgado. Ya listo, se mete la hoja de fique, se quita el palo y se aprieta el canuto, que así le hace presión a la hoja. El proceso se hace varias veces, hasta que uno se queda con las fibras en la mano. También hay desfibradoras mecánicas.



Así se benefician unas 23.000 toneladas anuales de hojas (pencas) que se producen en el país, con las que se fabrican productos, como cuerdas, artesanías y -principalmente- sacos de empaque.

En la primera semana se procede a



llevar la fibra al laboratorio de química para realizar el acondicionamiento de la fibra, pero se tiene que tener en cuenta los pesos de los materiales, pero sin los vasos precipitados



utilizando tres tipos de concentración de soda caustica diferentes una de 2% NaOH/98% agua, 6% NaOH /94% agua y 9% NaOH /91% agua, se logra una limpieza de la fibra de fique obteniendo un ph neutro (7), luego se lleva al horno para su secado a 110°celsius por dos horas.



2.2 Selección de la resina

La resina seleccionada para hacer las primeras pruebas es una resina de tipo poliéster D555 utilizada en fabricación de piezas reforzadas



con altas propiedades mecánicas muy similares de la resina epoxica, se ha comprobado que las piezas desarrolladas con estas resinas tienen baja susceptibilidad a la fractura por tensión, presentan excelente resistencia a medios alcalinos, alta resistencia térmica y resistencia a grandes cargas mecánicas dinámicas. Es por esta razón que esta resina ha sido elegida como

material de matriz para el desarrollo de este proyecto ya que cumple con las expectativas de generar un material con aplicaciones en la industria automotriz.

2.3 Probetas

El diseño y análisis de estructuras en materiales compuestos requiere datos experimentales confiables. En el caso del análisis, la caracterización del material propuesto se realizó por medio de probetas que están regidas por la norma ASTM A615/A615M con medidas de 10 mm x 10 mm x 500 mm utilizadas para las pruebas en materiales compuestos, esta prueba tiene tres objetivos principales: determinar las propiedades de las láminas para usarlas como parámetros iniciales al diseño estructural y análisis; investigación y verificación de predicciones analíticas del comportamiento mecánico; y estudio experimental independiente del material y comportamiento estructural para geometrías con condiciones de carga específicas que se generaron en el proceso de conformado.

Para poder ejecutar el conformado es necesario realizar cálculos matemáticos de densidad (d) es igual a masa (m) sobre volumen (v),

$$d = \frac{m}{v}$$

También se tiene en cuenta el volumen de la probeta; que sería de esta forma:

- (volumen) $V = L \times H \times B$ (longitud x altura x base)

Y con esto deducimos que para saber la masa de material que debíamos utilizar en las probetas por lo tanto sale una nueva fórmula una tercera fórmula que sería siempre y cuando conozcamos las medidas exactas que queremos para las probetas, pues sería así:

$$d = \frac{m}{v} \quad m = v \cdot d \text{ donde } d \text{ es la densidad del fique que equivale a } 1.2 \text{ gr/cm}^3, \text{ esto para saber la cantidad de } \textit{masa en resina poliéster} \text{ que se debe aplicar en el desarrollo de la probeta, y por ultimo este resultado lo multiplicamos por el } 3\%$$

de cantidad de Mec para desarrollar la probeta y así con cada una de las siguientes probetas. Esta mezcla de químicos se realiza en un vaso desechable con ayuda de palillos de paleta.

Entonces para un conformado que obtuvo la concentración de 3% sería:

$$V_t = L \cdot H \cdot B$$

$$V_t = 500 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 8.60 \text{ mm}$$

$$V_t = 430 \text{ mm}^3 \text{ que sería } 43 \text{ cm}^3$$

Ahora si ($m_{resina} = v \cdot d_{fique}$) restando peso de fique a trabajar,

a) si la masa de fique que vamos a utilizar es de 3.9 gr entonces:

$$m_{resina} = (43 \text{ cm}^3 \cdot 1.2 \text{ gr/cm}^3) - 3.9 \text{ gr}$$

$$m_{resina} = 51.6 \text{ gr} - 3.9 \text{ gr}$$

$$m_{resina} = 47.7 \text{ gr.}$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr);

Entonces decimos que $m_{mec} = m_{resina} \cdot 3\%$

$$m_{mec} = 47.7 \text{ gr} \cdot 3\%$$

$$m_{mec} = 1.431 \text{ gr.}$$

Solo se agrega en 1.431 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

b) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 6.9 gr entonces:

$$m_{resina} = (43 \text{ cm}^3 \cdot 1.2 \text{ gr/cm}^3) - 6.9 \text{ gr}$$

$$m_{resina} = 51.6 \text{ gr} - 6.9 \text{ gr}$$

$$m_{resina} = 44.7 \text{ gr.}$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr);

Entonces decimos $m_{mec} = m_{resina} \cdot 3\%$

$$m_{mec} = 44.7 \text{ gr} \cdot 3\%$$

$$m_{mec} = 1.341 \text{ gr.}$$

Solo se agrega en 1.341 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

c) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 10.9 gr entonces:

$$m_{resina} = (43 \text{ cm}^3 \cdot 1.2 \text{ gr/cm}^3) - 10.9 \text{ gr}$$

$$m_{resina} = 51.6 \text{ gr} - 10.9 \text{ gr}$$

$$m_{resina} = 40.7 \text{ gr.}$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr);

Entonces decimos $m_{mec} = m_{resina} * 3\%$

$$m_{mec} = 40.7gr * 3\%$$

$$m_{mec} = 1.221 gr.$$

Solo se agrega en 1.221 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

Tabla 3. Porcentaje de materiales químicos a conformar al 3%.

CONFORMADO	FIQUE (gr)		
RESULTADOS F/R y Mec	3.9	6.9	10.9
Resina (gr)	47.7	44,7	40.7
Mec (gr)	1.431	1.341	1.221

Entonces para un conformado que obtuvo la concentración de 6% sería:

$$V_t = L * H * B$$

$$V_t = 500 mm * 10 mm * 8.60 mm$$

$$V_t = 430 mm^3 \text{ que sería } 43 cm^3$$

Ahora si ($m_{resina} = v * d_{fique}$) restando peso de fique a trabajar;

a) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 3.2 gr entonces:

$$m_{resina} = (43 cm^3 * 1.2 gr/cm^3) - 3.2 gr$$

$$m_{resina} = 51.6 gr - 3.2 gr$$

$$m_{resina} = 48.4 gr.$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr):

Entonces decimos $m_{mec} = m_{resina} * 3\%$

$$m_{mec} = 48.4gr * 3\%$$

$$m_{mec} = 1.452 gr$$

Solo se agrega en 1.452 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

b) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 6.9 gr entonces:

$$m_{resina} = (43 cm^3 * 1.2 gr/cm^3) - 6.9 gr$$

$$m_{resina} = 51.6 gr - 6.9 gr$$

$$m_{resina} = 46.4 gr.$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr):

Entonces decimos $m_{mec} = m_{resina} * 3\%$

$$m_{mec} = 46.4gr * 3\%$$

$$m_{mec} = 1.392 gr.$$

Solo se agrega en 1.392 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

c) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 7.9 gr entonces:

$$m_{resina} = (43 cm^3 * 1.2 gr/cm^3) - 7.9 gr$$

$$m_{resina} = 51.6 gr - 7.9 gr$$

$$m_{resina} = 43.7 gr.$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr):

entonces decimos $m_{mec} = m_{resina} * 3\%$

$$m_{mec} = 43.7gr * 3\%$$

$$m_{mec} = 1.311 gr.$$

Solo se agrega en 1.311 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

Tabla 4. Porcentaje de materiales químicos a conformado al 6%.

CONFORMADO	FIQUE (gr)		
RESULTADOS F/R y Mec	3.2	5.2	7.9
Resina (gr)	48.4	46.4	43.7
Mec (gr)	1.452	1.392	1.311

Entonces para un conformado que obtuvo la concentración de 6% sería:

$$V_t = L * H * B$$

$$V_t = 500 mm * 10 mm * 8.60 mm$$

$$V_t = 430 mm^3 \text{ que sería } 43 cm^3$$

Ahora si ($m_{resina} = v * d_{fique}$) restando peso de fique a trabajar,

a) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 2.4 gr entonces:

$$m_{resina} = (43 cm^3 * 1.2 gr/cm^3) - 2.4 gr$$

$$m_{resina} = 51.6 gr - 2.4 gr$$

$$m_{resina} = 49.6 gr.$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr):

Entonces decimos $m_{mec} = m_{resina} * 3\%$

$$m_{mec} = 49.6gr * 3\%$$

$$m_{mec} = 1.476 gr.$$

Solo se agrega en 1.476 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

b) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 4.4 gr entonces:

$$m_{\text{resina}} = (43 \text{ cm}^3 * 1.2 \text{ gr/cm}^3) - 4.4 \text{ gr}$$

$$m_{\text{resina}} = 51.6 \text{ gr} - 4.4 \text{ gr}$$

$$m_{\text{resina}} = 47.2 \text{ gr.}$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr):

$$\text{Entonces decimos } m_{\text{mec}} = m_{\text{resina}} * 3\%$$

$$m_{\text{mec}} = 47.2\text{gr} * 3\%$$

$$m_{\text{mec}} = 1.416 \text{ gr.}$$

Solo se agrega en 1.416 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

c) Si la masa de fique que vamos a utilizar es de 5.6 gr entonces:

$$m_{\text{resina}} = (43 \text{ cm}^3 * 1.2 \text{ gr/cm}^3) - 5.6 \text{ gr}$$

$$m_{\text{resina}} = 51.6 \text{ gr} - 5.6 \text{ gr}$$

$$m_{\text{resina}} = 46 \text{ gr.}$$

Y por último se realiza un producto con el resultado de masa resina para definir la cantidad de masa en mec (gr):

$$\text{entonces decimos } m_{\text{mec}} = m_{\text{resina}} * 3\%$$

$$m_{\text{mec}} = 46\text{gr} * 3\%$$

$$m_{\text{mec}} = 1.38 \text{ gr.}$$

Solo se agrega en 1.38 gr de Mec para revolver muy bien sin que en este se generen burbujas que puedan alterar el conformado.

Tabla 5. Porcentaje de materiales químicos a acondicionar al 6%.

CONFORMADO	FIQUE (gr)		
RESULTADOS F/R y Mec	2.4	4.4	5.6
Resina (gr)	49.6	47.2	46
Mec (gr)	1.476	1.416	1.38

En el proceso de conformado la fibra debe estar totalmente lista para “entraparla” y “entorcharla” con la



mezcla de resina y mec y luego ponerla la probeta en el molde

Preparar la probeta aplicando vaselina con el fin que no se pegue el molde a la probeta, debe ser muy reducida la cantidad porque puede generar bolas de aire lo cual favorece



en nada el conformado.

Se debe dar un ajuste con prensas a los moldes despues de introducir la fibra de fique con la mezcla de resina y mec pero entre los moldes unas platinas con dos palillos para que contraresten en las probetas 1.4 mm de altura en el molde



dejandola de 8,6 mm

Con la espátula se



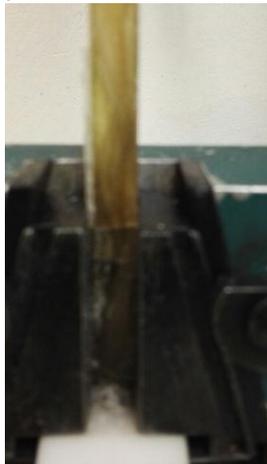
debe separar el molde de las probetas y a la vez limpiar nuevamente para realizar una nueva probeta, cada una de estas toman un diseño fisico diferente debido a la cantidad de fique aplicado, por lo que se puede notar a simple vista.





Con un total de nueve probetas listas las trasladamos para la maquina universal de ensayos Tinus Onsel para someterlas cada una a un ensayo a tracción el cual

vario en muchas las expectativas de los posibles resultados ya que se pensaba en algunas la no resistencia de la probeta.



Para montar la probeta en la maquina universal se medía solo dos lados de la probeta, la parte más ancha se montaba en as mordazas mientras la más angosta solo se dejaba mirando de perfil y se registraban esas dimensiones

en la computadora para que se desarrollara el ensayo en las mejores condiciones, y claro obviamente para que esta no arrojará datos diferentes.

RESULTADOS

Antes de comprender las gráficas es necesario comprender que:

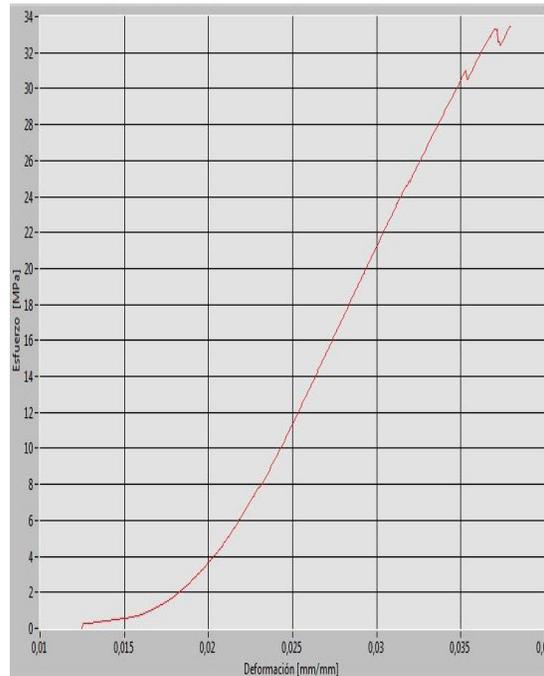
Deformación = Fuerza / Área transversal, sabiendo que su área transversal es el producto del ancho de la probeta por su espesor. Si necesitamos saber la fuerza máxima, fuerza de ruptura fuerza de fluencia que mantuvieron las probetas en el ensayo de tracción solo resumimos:

Fuerza interna = área transversal * Deformación, pero para comprender esto

se toman cada uno de sus datos y se representan en un cuadro por gráfica.

Se toma como referencia principal todos los datos obtenidos en la máquina de tracción de esfuerzo vs deformación obtenidas en el ensayo de tensión realizado a una velocidad de 2,0000 mm/min de los cuales nos basamos en las gráficas respectivas de las cuales solo se toman una de cada concentración donde se notó buenos resultados como se muestran a continuación:

- a. Figue de 6.9 gr con una concentración de soda caustica del 3%. La probeta rectangular tiene un ancho: 10,45 mm, y un espesor: 7,85 mm, por lo tanto, su área es: 82,03 mm², y una longitud calibrada: 400,00 mm según la maquina universal, cabe resaltar si estará correctamente calibrada.

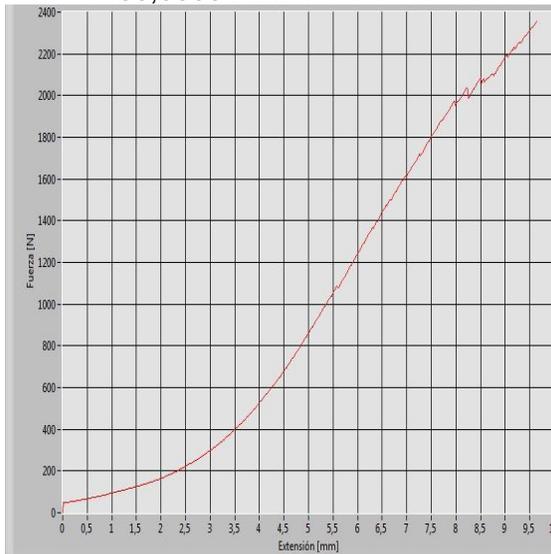


La gráfica esfuerzo (Mpa) vs deformación (mm/mm) se calcula dividiendo la fuerza sobre área para obtener esfuerzo y la extensión sobre la longitud calibrada para obtener deformación. Esta gráfica se muestra a continuación, de ella se calcula el esfuerzo máximo: 33,6615 MPa, el esfuerzo de ruptura: 30,5895

MPa, y el esfuerzo de fluencia: 3,7505 MPa.

RESULTADOS GRAFICA 1			
ANCHO (mm)	10,45	ESFUERZO MAXIMO (Mpa)	33,6615
ESPESOR (mm)	7,85	ESFUERZO DE RUPTURA (Mpa)	30,58595
		ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa)	3,7505
ANCHO (m)	0,01045	FUERZA MAXIMA (N)	0,002761
ESPESOR (m)	0,00785	FUERZA DE RUPTURA (N)	0,002509
AREA TRANSVERSAL	8,203E-05	FUERZA DE FLUENCIA (N)	0,000308

b. Fique de 7.9 gr con una concentración de soda caustica del 6%. La probeta rectangular tiene un ancho: 9,8500 mm, y un espesor: 10,4400 mm, por lo tanto, su área es: 102,8340 mm², y una longitud calibrada: 400,0000 mm.

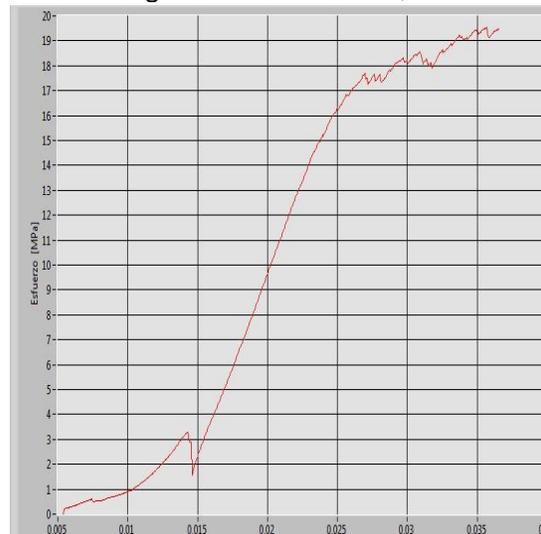


La gráfica esfuerzo (Mpa) vs deformación (mm/mm) se calcula dividiendo la fuerza sobre área para obtener esfuerzo y la extensión sobre la longitud calibrada para obtener deformación. Esta gráfica se muestra a continuación, de ella se

calcula el esfuerzo máximo: 22,8880 MPa, el esfuerzo de ruptura: 19,8735 MPa, y el esfuerzo de fluencia: 2,9595 MPa.

RESULTADOS GRAFICA 2			
ANCHO (mm)	9,85	ESFUERZO MAXIMO (Mpa)	22,888
ESPESOR (mm)	10,44	ESFUERZO DE RUPTURA (Mpa)	19,8735
		ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa)	2,9595
ANCHO (m)	0,00985	FUERZA MAXIMA (N)	0,00235366
ESPESOR (m)	0,01044	FUERZA DE RUPTURA (N)	0,00204367
AREA TRANSVERSAL	0,000103	FUERZA DE FLUENCIA (N)	0,00030434

c. Fique de 5.9 gr con una concentración de soda caustica del 9%. La probeta rectangular tiene un ancho: 10,3500 mm, y un espesor: 9,0000 mm, por lo tanto, su área es: 93,1500 mm², y una longitud calibrada: 400,00 mm.



La gráfica esfuerzo (Mpa) vs deformación (mm/mm) se calcula dividiendo la fuerza sobre área para obtener esfuerzo y la extensión sobre la longitud calibrada para obtener deformación. Esta gráfica

se muestra a continuación, de ella se calcula el esfuerzo máximo: 19,7101 MPa, el esfuerzo de ruptura: 19,5742 MPa, y el esfuerzo de fluencia: 2,3689 MPa.

RESULTADOS GRAFICA 3			
ANCHO (mm)	10,35	ESFUERZO MAXIMO (Mpa)	19,7101
ESPESOR (mm)	9	ESFUERZO DE RUPTURA (Mpa)	19,5742
		ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa)	2,3689
ANCHO (m)	0,01035	FUERZA MAXIMA (N)	0,001836
ESPESOR (m)	0,009	FUERZA DE RUPTURA (N)	0,0018233
AREA TRANSVERSAL	9,315E-05	FUERZA DE FLUENCIA (N)	0,0002207

CONCLUSIONES

- Las consultas hechas sobre la fibra de fique se pudo adquirir datos a nivel artesanal, relevantes comparados con los hechos en este artículo que se resaltan como ejemplo desfibrar el fique (de manera artesanal).
- Someterla fibra en soda caustica, conformarla con resina poliéster (mientras en la universidad de Universidad de Pamplona, Universidad del País Vasco realizaban esta operación con resina epoxica).
- Ejecutar ensayo a tracción en la maquina universal de ensayo Tinius Oisel (mientras en la Universidad de Pamplona, Universidad del País Vasco realizaban no solo esta operación, sino también ensayos de impacto, de fuerza entre otros,

generando más variables en los resultados).

- Se presenta un gran desgaste en recursos del laboratorio de química en el acondicionamiento del material resaltando el agua destilada y la soda caustica usada para limpiar las fibras.
- La resina poliéster no alcanzaba a entrapar correctamente la fibra generando que está en ocasiones se saliera del molde contrarrestando la masa inicial de fique pesada.
- Las probetas no contaban con un buen ajuste, por lo tanto, se encintaba los moldes en sus extremos y por último se ajustaba con las prensas para no se deslizarán por la vaselina aplicada y dieran un sello correcto en cada una de las probetas.
- Solo una probeta aporta una resistencia mecánica de tracción de 33.66 Mpa (esfuerzo máximo), con un 3% de concentración de soda caustica, con un peso de fibra de fique de 6.9 gr.
- En un proceso de conformado es elemental que no se presenten burbujas porque esto ayuda a fracturar rápidamente la probeta en el ensayo de tracción.
- La cantidad de masa de mec suministrada en la probeta debe un poco más alta para lograr una mayor concentración de la resistencia en la probeta ya que en algunas probetas se astillaban en su fractura, pero no se rompían del todo en el ensayo de tracción.
- Las probetas se pueden implementar en elementos decorativos en la industria automotriz como ejemplo las tapas del tablero de instrumentos, tapas de líquidos aceitosos y también ayudaría a pines de ajuste en la tornillería de la carrocería como en los tapizados,

etc., que no ejercen altas tensiones, no estén sometidos a grandes temperaturas y que estos sean reemplazados de manera manual sin ninguna complicación en el vehículo afectando la parte financiera de propietario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CITA 1

BOBENRIETH ASTETE, M.A. (2000). "Mitos y realidades En torno a la publicación científica".

CITA 2

BOBENRIETH ASTETE, M.A. (2000). "Mitos y realidades en torno a la publicación científica". Medicina

CITA 3

<https://www.veoverde.com/2009/07/fibra-de-fique/>

CITA 4

<http://aupec.univalle.edu.co/informes/mayo97/boletin37/fique.html>

CITA 5

<http://eurofique.info/fique-y-su-proceso-de-transformación/>

CITA 6

https://es.wikipedia.org/wiki/Furcraea_andina

CITA 7

http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/2004_julio.pdf

CITA 8

<http://www.eltiempo.com/archivo/buscar/%3Fq%3Ddel%2520tiempo?q=el-tiempo&pagina=8707&orden=relevancia>

CITA 9

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/297/JoseSantiago_GomezP.2009.pdf;jsessionid=D6E8738B

[ED03993488D4674F4C2065D5?sequence=1](https://repository.uac.edu.co/bitstream/handle/123456789/794/TMEC%201127.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CITA 10

<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/123456789/794/TMEC%201127.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CITA 11

<http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/2903/ParraDiego2012.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

CITA 12

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200007

CITA 13

https://www.researchgate.net/publication/277237902_Ecolaminados_de_pead-fibras_de_fique

CITA 14

<https://books.google.com.co/books?id=eabNPBblJplC&pg=PA309&lpg=PA309&dq=materiales+compuestos+con+fibra+de+fique&source=bl&ots=cJp910geE4&sig=1d93T41G9U1zIbDm3WpWOkavOEo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwI4-l6c1ofOAhWDpx4KHxolCvA4ChDoAQhPMAc#v=onepage&q=materiales%20compuestos%20con%20fibra%20de%20fique&f=false>